

## ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT

Publication number: JP2001076879 (A)

Publication date: 2001-03-23

Inventor(s): SUZUKI MUTSUMI; FUKUYAMA MASAO; HORI YOSHIKAZU; KUDO YUJI

Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: C09K11/06; H01L51/50; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; C09K11/06; H01L51/50; H05B33/12; H05B33/14; H05B33/22; (IPC1-7): H05B33/22; C09K11/06; H05B33/14

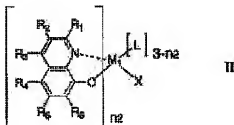
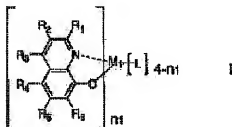
- European:

Application number: JP19990252426 19990907

Priority number(s): JP19990252426 19990907

Abstract of JP 2001076879 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance light emitting efficiency, and to improve durability by forming one of organic layers as an electron transport layer, and forming the constitutive material of an organic compound having a specific structure. SOLUTION: A compound expressed by formula I and formula II is used as a constitutive material of an electron transport layer. In the formula I and the formula II, M represents tetravalent metal, (n1) represents an integer of 1 to 3, (n2) represents 1 or 2, R1 to R6 respectively independently represent a hydrogen atom, a halogen atom, a halogenated alkyl group, a nitro group, a lower alkyl group, a lower alkoxy group, an aralkyl group, an alkenyl group, a carboxy group, a substituted or nonsubstituted aryl group, a substituted or nonsubstituted cycloalkyl group, a substituted or nonsubstituted heterocyclic group, a dialkyl amino group, a diaryl amino group, a diphenyl group or a naphthyl group, L represents a hydrogen atom, a lower alkyl group, a lower alkoxy group, a substituted or nonsubstituted aryl group, a substituted or nonsubstituted cycloalkyl group and a substituted or nonsubstituted heterocyclic group, and X represents a halogen atom.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-76879

(P2001-76879A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラート <sup>®</sup> (参考)
H 0 5 B 33/22		H 0 5 B 33/22	B 8 K 0 0 7
C 0 9 K 11/06	6 6 0	C 0 9 K 11/06	6 6 0
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-252428  
 (22) 出願日 平成11年9月7日 (1999.9.7)

(71) 出願人 000005821  
 松下電器産業株式会社  
 大阪府門真市大字門真1006番地  
 (72) 発明者 鈴木 睦美  
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1  
 号 松下技研株式会社内  
 (72) 発明者 福山 正雄  
 神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1  
 号 松下技研株式会社内  
 (74) 代理人 100097445  
 弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

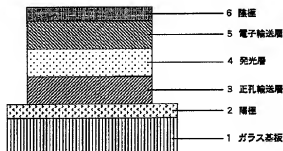
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 有機電界発光素子

## (57) 【要約】

【課題】 素子の発光効率が高く、耐久性に優れた有機電界発光素子を実現することを目的とする。

【解決手段】 ガラス基板1上に陽極2を形成し、その上に正孔輸送層3、発光層4、電子輸送層5、陰極6を形成した有機電界発光素子において、電子輸送層5に特有の材料を用いることにより、素子内での電荷、特に電子の輸送がスムーズになり、素子の効率および駆動耐久性が向上した。

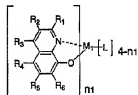


1

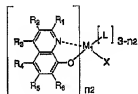
## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、その構成材料が下記(化1)または(化2)で表される化合物を含有することを特徴とする有機電界発光素子。

## 【化1】



## 【化2】

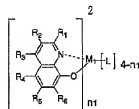


ただし、M<sub>1</sub>は4価の金属を表し、n<sub>1</sub>は1ないし3のいずれかの整数であり、n<sub>2</sub>は1または2の整数である。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、ハロゲン化アルキル基、ニトロ基、低級アルキル基、低級アルコキシ基、アラルキル基、アルケニル基、カルボキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシクロアルキル基、置換または未置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリールアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。Lは水素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基もしくは置換または無置換の複素環基を表す。Xはハロゲン原子を表す。

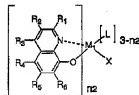
【請求項2】 一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、前記電子輸送層が2種類以上の有機金属錯体を含有しており、かつ前記有機金属錯体に含まれる金属の価数が2種類以上であることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項3】 電子輸送層に含まれる2種類以上の有機金属錯体のうち、少なくとも一つが下記(化3)、(化4)または(化5)で表される化合物を含有することを特徴とする請求項2記載の有機電界発光素子。

## 【化3】



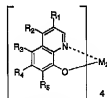
## 【化4】



ただし、M<sub>1</sub>は4価の金属を表し、n<sub>1</sub>は1ないし3のいずれかの整数であり、n<sub>2</sub>は1または2の整数である。

R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、ハロゲン化アルキル基、ニトロ基、低級アルキル基、低級アルコキシ基、アラルキル基、アルケニル基、カルボキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシクロアルキル基、置換または未置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリールアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。Lは水素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基もしくは置換または無置換の複素環基を表す。Xはハロゲン原子を表す。

## 【化5】



ただし、M<sub>2</sub>は4価の金属を表す。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、塩素原子、臭素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシクロアルキル基、置換または未置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリールアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種の表示装置として広範囲に利用される発光素子であって、高効率かつ安定性に優れた有機電界発光素子に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】電界発光素子は、自己発光のために液晶素子にくらべて明るく、鮮明な表示が可能であるため、古くから多くの研究者によって研究されてきた。現在実用レベルに達した電界発光素子としては、無機材料のZ

n Sを用いた素子がある。しかし、このような無機の電界発光素子は、発光のための駆動電圧として200V以上が必要であるため、広く使用されるには至っていない。

【0003】これに対して有機材料を用いた電界発光素子である有機電界発光素子は、従来実用的なレベルからはほど遠いものであったが、1987年にイーストマン・コダック社のC. W. Tangらによって開発された積層構造素子によりその特性が飛躍的に進歩した。彼らは蒸着膜の構造で安定で電子を輸送することのできる蛍光体からなる層（電子輸送性発光層）と、正孔を輸送することのできる有機物からなる層（正孔輸送層）とを積層し、両方のキャリアーを蛍光体中に注入して発光させることに成功した。これによって有機電界発光素子の発光効率が向上し、10V以下の電圧で1000cd/m<sup>2</sup>以上の発光が得られる様になった。その後多くの研究者によってその特性向上のための研究が行われ、現在では10000cd/m<sup>2</sup>以上の発光特性が得られている。

【0004】このような有機電界発光素子においては、素子を構成する有機材料・電極材料によって特性が大きく変化する。特に有機材料は、電荷の輸送・再結合・発光といった重要な機能を果たしており、特性の優れた素子を実現するには、それぞれの機能に適した材料を選択することが重要である。有機電界発光素子は電荷注入型のデバイスであるため、電子を輸送することのできる電子輸送層に用いる電荷輸送材料の選択がとりわけ重要となる。

【0005】電荷輸送材料は、正孔輸送材料と電子輸送材料に大別される。正孔輸送材料としてはトリフェニルアミン誘導体が一般的に用いられている。一方、電子輸送材料としては、オキサジアゾール誘導体やトリアゾール誘導体の使用が検討されている。しかし、これらの材料を用いた膜は凝集を起こしやすく、素子に用いた場合耐久性が著しく悪くなるといった問題点がある。また、これらの誘導体以外に電子輸送材料としての検討が行われている材料にキノリノール系金属錯体があげられる。これまでに検討されている代表的な材料としては、(化6)に示すトリス(8-ヒドロキシキノリン)アルミニウム(Alq)がある。

【0006】

【化6】



【0007】しかし、いずれの場合も発光効率・駆動耐久性ともに、実用化するためには不十分な特性しか得られていない。

【0008】

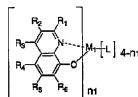
【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、有機電界発光素子に用いる有機材料およびその使用法を改良することによって、発光効率が高く耐久性に優れた有機電界発光素子を実現することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、その構成材料が下記(化7)または(化8)で表される化合物であることを特徴としたものである。

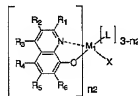
【0010】

【化7】



【0011】

【化8】



【0012】ただし、M<sub>1</sub>は4価の金属を表し、n<sub>1</sub>は1ないし3のいずれかの整数であり、n<sub>2</sub>は1または2の整数である。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、ハロゲン化アルキル基、ニトロ基、低級アルキル基、低級アルコキシ基、アラルキル基、アルケニル基、カルボキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基、置換または無置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリアルアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。Lは水素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基もしくは置換または無置換の複素環基を表す。Xはハロゲン原子を表す。

【0013】この発明によれば、素子内での電荷、特に電子の輸送がスムーズになり、素子の効率が向上し、駆動耐久性が向上する。

【0014】さらに、本発明は一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、前記電子輸送層が2種類以上の有機金属錯体で構成されており、かつ前記有機金属錯体に含まれる金属の価数が2種類以上であることを特徴とする有機電界発光素子である。

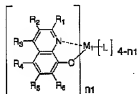
【0015】この発明によれば、電子輸送層の膜としての安定性が向上し、保存安定性が向上すると共に、駆動中の絶縁破壊が抑制され駆動耐久性が向上する。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、その構成材料が下記(化9)または(化10)で表される化合物であることを特徴とする有機電界発光素子である。

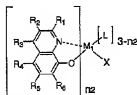
【0017】

【化9】



【0018】

【化10】



【0019】ただし、M<sub>1</sub>は4価の金属を表し、n<sub>1</sub>は1ないし3のいずれかの整数であり、n<sub>2</sub>は1または2の整数である。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、ハロゲン化アルキル基、ニトロ基、低級アルキル基、低級アルコキシ基、アラルキル基、アラルニル基、カルボキシル基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシクロアルキル基、置換または未置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリールアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。Lは水素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基もしくは置換または無置換の複素環基を表す。Xはハロゲン原子を表す。

【0020】この構成により、中心金属に4価の金属を用いるので、分子の電子輸送能が向上した。その結果、素子の効率を向上させ、駆動耐久性を向上させることができた。

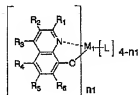
【0021】請求項2に記載の発明は、一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれた少なくとも一層以上の有機層を有する有機電界発光素子において、前記有機層の一つが電子輸送層であり、前記電子輸送層が2種類以上の有機金属錯体で構成されており、かつ前記有機金属錯体に含まれる金属の価数が2種類以上であることを特徴とする有機電界発光素子である。

【0022】この構成により、2種類以上の材料を混合して用いるので、電子輸送層の膜としての安定性が増し、保存耐久性が向上すると共に、駆動中の絶縁破壊が抑制され駆動耐久性が向上した。

【0023】請求項3に記載の発明は、電子輸送層に含まれる2種類以上の有機金属錯体のうち、少なくとも一つが下記(化11)、(化12)または(化13)で表される化合物であることを特徴とする請求項2記載の有機電界発光素子である。

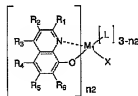
【0024】

【化11】



【0025】

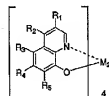
【化12】



【0026】ただし、M<sub>1</sub>は4価の金属を表し、n<sub>1</sub>は1ないし3のいずれかの整数であり、n<sub>2</sub>は1または2の整数である。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>、R<sub>6</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、ハロゲン原子、ハロゲン化アルキル基、ニトロ基、低級アルキル基、低級アルコキシ基、アラルキル基、アルケニル基、カルボキシル基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシクロアルキル基、置換または未置換の複素環基、ジアルキルアミノ基、ジアリールアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。Lは水素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のシクロアルキル基もしくは置換または無置換の複素環基を表す。Xはハロゲン原子を表す。

【0027】

【化13】



【0028】ただし、M<sub>2</sub>は4価の金属を表す。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>、R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>、R<sub>5</sub>はそれぞれ独立に、水素原子、塩素原子、臭素原子、低級アルキル基、低級アルコキシ基、置換または無置換のアリール基、置換または未置換のシク

ロアルキル基、置換または未置換の複素環基ジアルキルアミノ基、ジアルキルアミノ基、ジフェニル基もしくはナフチル基を表す。

【0029】この構成により、電子輸送能に優れた材料を組み合わせて使用するので、電子輸送層の膜の安定性および電子輸送能が向上し、素子の耐久性が大幅に向上した。

【0030】また、電子輸送層としてある一定以上の膜厚を確保することによって、駆動電圧を下げる事ができた。

【0031】以下に、本発明の実施の形態について、図面を用いて具体的に説明する。

【0032】図1は本発明による有機電界発光素子の概略構成を示す断面図である。ガラス基板1上に陽極2を形成し、その上に正孔輸送層3、発光層4、電子輸送層5、陰極6を形成したものである。

【0033】このような構成において、陽極2としては有機層に正孔を注入できる材料が用いられる。具体的にはインジウム錫酸化物(ITO)や金、導電性の高分子材料などがあげられる。

【0034】正孔輸送層3を形成する材料としては、正孔の移動度が大きいこと、ピンホールのない薄膜が形成できること、および発光層4の蛍光に対して透明であることが必要とされる。これらの要件を満たす代表的な材料としてはテトラフェニルベンジジン誘導体等があげられるが、これに限定されるものではない。

【0035】また、正孔輸送層3は、通常、抵抗加熱による蒸着法で作成するが、ポリカーボネート等のポリマー中に前記の材料を分散したものをスピンコート法やキャスト法で製膜しても良いし、ポリビニルカルバゾールやポリパラフェニレンビニレンのように、正孔輸送能を有するポリマーの場合には、単独でスピンコート法等により製膜して用いても良い。

【0036】発光層4としては、蛍光を有していること、電子と正孔の再結合により励起子を生成することができると求められる。通常、抵抗加熱による蒸着法で作成するが、ポリカーボネート等のポリマー中に前記の材料を分散したものをスピンコート法やキャスト法で製膜して用いても良い。

【0037】また、製膜性に優れた材料の中に蛍光性の色素を少量分散させた膜を発光層として用いてもよい。この手法は、単独では結晶化しやすい、あるいは濃度消光を起こしやすい蛍光色素に対して非常に有効である。

【0038】なお、特に図示しないが、発光層4は、正孔輸送層3または電子輸送層5と兼ねることもできる。前者の場合には、有機物で構成される層は、発光層/電子輸送層の2層構造になる。また、後者の場合には、有機物で構成される層は、正孔輸送層/発光層の2層構造になる。

【0039】陰極6としては、有機層に電子が注入でき

ること、かつ対環境安定性に優れていることが必要である。これらの要件を満たす金属としては、アルミニウム、マグネシウム、あるいはアルミニウムとリチウムの合金、マグネシウムと銀の合金、銀とリチウムの合金などがあげられる。あるいは、フッ化リチウムや金属酸化物の薄膜(5nm以下)と金属(アルミニウムなど)を積層したものでも同様な効果が得られる。

【0040】陰極6は、抵抗加熱法で製膜した。合金を用いる場合は、2種類の金属をそれぞれ独立な蒸着源から抵抗加熱法で同時に飛ばして製膜する共蒸着法によって形成する。合金の成分比は、それぞれの蒸着速度を調整することによって決定する。

【0041】また、陰極6は、あらかじめ所定の成分比で作成した合金を用いてもよい。抵抗加熱法以外に、電子ビーム蒸着法やスパッタリング法でも作成することができる。

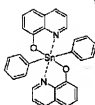
【0042】以下、より詳細な本発明の実施の形態について代表的に説明する。これらによって本発明は限定されないことは言うまでもない。

【0043】(実施の形態1)基板にはガラス上に透明な陽極としてインジウム錫酸化物膜(ITO)をあらかじめ形成し、電極の形にパターニングしたものを用いた。この基板を十分に洗浄した後、蒸着する材料と一緒に真空装置内にセットし、 $1.0 \times 10^{-4}$  Paまで排気した。その後、正孔輸送層としてN,N'-ビス[4'-(N,N'-ジフェニルアミノ)-4-ビフェニル]N,N'-ジフェニルベンジジン(TPT)を50nm製膜した。その後、発光層としてA1qを25nm製膜した。さらに、電子輸送層として(化14)に示すキノリノール金属錯体(1)を25nm製膜した後、陰極としてA1Li合金を150nmの厚さで製膜し、素子を作成した。これらの製膜は一度も真空を破ることなく、連続して行った。なお、膜厚は水晶振動子によってモニターした。

【0044】素子作製後、直ちに乾燥窒素中で電極の取り出しを行い、引き続き特性測定を行った。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。 $100 \text{ mA/cm}^2$ の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.6V、発光輝度は $2920 \text{ cd/m}^2$ であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度 $1000 \text{ cd/m}^2$ で連続駆動(定電流)したところ、輝度が半分(500  $\text{cd/m}^2$ )まで低下するのに要する時間(輝度半減期)は690hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は0.8Vであった。

【0045】

【化14】

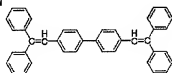


(1)

【0046】（実施の形態2）発光層に用いる材料を（化15）に示すDPVBiに変えたこと以外は第1の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な青色の発光が得られた。100mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧6.1V、発光輝度は2470cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は80hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は1.0Vであった。

【0047】

【化15】



【0048】（実施の形態3）電子輸送層に用いる材料を（化16）に示すキノリノール金属錯体（2）に変えたこと以外は第1の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.5V、発光輝度は2890cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は730hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は0.9Vであった。

【0049】

【化16】



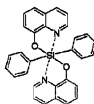
(2)

【0050】（実施の形態4）電子輸送層に用いる材料を（化17）に示すキノリノール金属錯体（3）に変えたこと以外は第1の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.3V、発光輝度は313

0cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は810hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は0.4Vであった。

【0051】

【化17】

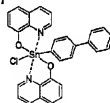


(3)

【0052】（実施の形態5）発光層に用いる材料をDPVBi、電子輸送層に用いる材料を（化18）に示すキノリノール金属錯体（4）に変えたこと以外は第1の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な青色の発光が得られた。100mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧6.2V、発光輝度は2280cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は50hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は1.1Vであった。

【0053】

【化18】



(4)

【0054】（実施の形態6）第1の実施の形態と同様に、基板を十分に洗浄した後、蒸着する材料と一緒に真空装置内にセットし、10<sup>-3</sup>Paまで排気した。その後、正孔輸送層としてTPTを50nm製膜した。その後、発光層としてAlqを25nm製膜した。続けて（化19）に示すキノリノール金属錯体（5）とAlqの混合膜を25nm製膜し、電子輸送層とした。混合膜は共蒸着法により作製し、混合比は分子数比で1:1とした。続けて陰極としてAlLi合金を150nmの厚さで製膜し、素子を作成した。

【0055】得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.7V、発光輝度は3000cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は860hであった。また、500h駆動後の電圧上昇分は0.6Vであった。

【0056】

【化19】



(5)

【0057】（実施の形態7）電子輸送層に用いる材料の組み合わせを（化20）に示す亜鉛キノリノール錯体

（Znq）と（化19）に示すキノリノール金属錯体

（5）に変えたこと以外は第6の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>印加時の駆動電圧と発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.7V、発光輝度3000 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において、初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したときの輝度半減期は860 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は0.6Vであった。

【0058】

【化20】



【0059】（実施の形態8）電子輸送層に用いる材料の組み合わせを（化14）に示すキノリノール金属錯体

（1）とAlqに変えたこと以外は第6の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>印加時の駆動電圧と発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.7V、発光輝度2550 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したときの輝度半減期は610 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は1.0Vであった。

【0060】（実施の形態9）電子輸送層に用いる材料の組み合わせを（化16）に示すキノリノール金属錯体（2）とAlqに変えたこと以外は第6の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>印加時の駆動電圧と発光輝度を測定したところ、駆動電圧5.5V、発光輝度3210 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したときの輝度半減期は890 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は0.5Vであった。

【0061】（実施の形態10）電子輸送層に用いる材

料の組み合わせをZnqとAlqに変えたこと以外は第6の実施の形態と同様にして有機電界発光素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>印加時の駆動電圧と発光輝度を測定したところ、駆動電圧6.0V、発光輝度2340 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したときの輝度半減期は420 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は1.5Vであった。

【0062】（比較例1）比較例1として、発光層兼電子輸送層としてAlqを50 nm製膜したこと以外は第1の実施の形態と同様にして素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧6.2V、発光輝度は2310 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は300 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は2.0Vであった。

【0063】（比較例2）比較例2として、発光層としてDPVBiを25 nm、電子輸送層としてAlqを25 nm製膜したこと以外は第1の実施の形態と同様にして素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な青色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧7.0V、発光輝度は2020 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減期は10 hであった。また、500 h駆動後の電圧上昇分は2.8Vであった。

【0064】（比較例3）比較例3として、発光層としてAlqを25 nm、電子輸送層として（化21）に示すオキサジアンゾール誘導体（tBu-PBD）を25 nm製膜したこと以外は第1の実施の形態と同様にして素子を作製した。得られた素子に電圧を印加したところ、均一な黄緑色の発光が得られた。100 mA/cm<sup>2</sup>の電流を印加した場合の駆動電圧ならびに発光輝度を測定したところ、駆動電圧7.7V、発光輝度は2180 cd/m<sup>2</sup>であった。この素子を乾燥窒素中において初期輝度1000 cd/m<sup>2</sup>で連続駆動（定電流）したところ、輝度半減が半減する前に素子が絶縁破壊を起こし、素子として機能しなくなった。

【0065】

【化21】



【0066】以上に示した結果より、本実施の形態で得られた素子は比較例で得られた素子よりも発光効率や駆



動耐久性に優れていることが明らかになった。

【0067】

【発明の効果】 以上のように本発明によれば、発光効率が高く、駆動耐久性に優れた有機電界発光素子が得られるという有利な効果が得られる。

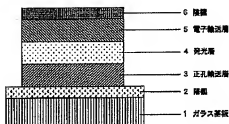
【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態における電界発光素子の構成を示す模式断面図

\* 【符号の説明】

- 1 ガラス基板
- 2 陰極
- 3 正孔輸送層
- 4 発光層
- 5 電子輸送層
- 6 陽極

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 義和  
神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1  
号 松下技研株式会社内

(72)発明者 工藤 祐治  
神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1  
号 松下技研株式会社内  
Fターム(参考) 3K007 AB00 AB03 CA01 CB01 DA00  
DB03 EB00 FA01